

**МИНПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НИЖЕГОРОДСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ КОЗЬМЫ МИНИНА»**

**ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ВАРИАНТ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПО  
ФИЗИКЕ В ТЕХНИКЕ, ТЕХНОЛОГИЯХ И ИНЖЕНЕРНОМ ДЕЛЕ**

*Пояснения к демонстрационному варианту*

Назначение демонстрационного варианта заключается в том, чтобы дать возможность любому абитуриенту составить представление о структуре вариантов, количестве заданий, их форме, уровне сложности.

Общее число заданий в демонстрационном варианте экзаменационной работы – 26. Часть 1 – задания 1-20, часть 2 – задания 21-26.

В заданиях 1–4, 7, 8, 11–13 и 16 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответом к заданиям 5, 6, 9, 10, 14, 15, 17, 18 и 20 является последовательность цифр. В заданиях 5, 9, 14 и 18 предполагается два или три верных ответа. Ответом к заданию 19 являются два числа. Ответ к заданиям 21–26 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий

**Система оценивания заданий**

Правильное выполнение заданий с номерами 1,2,3, 4, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 16, 19, 20 оцениваются 1 баллом; задания с номерами 6, 10, 15, 17 оцениваются 2 баллами. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа: каждый символ в ответе стоит на своём месте, лишние символы в ответе отсутствуют. Выставляется 1 балл, если на любой одной позиции ответа записан не тот символ, который представлен в эталоне ответа. Во всех других случаях выставляется 0 баллов. Если количество символов в ответе больше требуемого, выставляется 0 баллов вне зависимости от того, были ли указаны все необходимые символы. В заданиях на множественный выбор 5, 9, 14 и 18 предполагается два или три верных ответа. Правильное выполнение каждого из заданий 5, 9, 14 и 18 оценивается 2 баллами. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, каждый символ присутствует в ответе, в ответе отсутствуют лишние символы. Порядок записи символов в ответе значения не имеет. Выставляется 1 балл, если только один из символов, указанных в ответе, не соответствует эталону (в том числе есть один лишний символ наряду с остальными верными) или только один символ отсутствует; во всех других случаях выставляется 0 баллов. Максимальный первичный балл за выполнение каждого из заданий с развёрнутым ответом 22 и 23 составляет 2 балла, заданий 21, 24 и 25 составляет 3 балла, задания 26 – 4 балла. В критериях оценивания выполнения развёрнутых ответов к каждому заданию приводится подробная инструкция для экспертов, в которой указывается, за что выставляется каждый балл – от нуля до максимального балла.

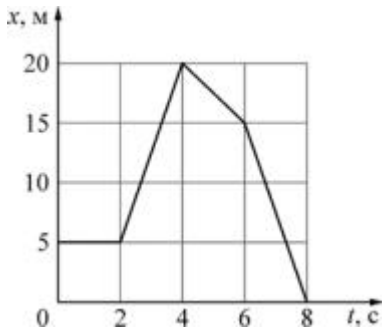
При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

Максимальный балл, который можно получить за экзаменационную работу составляет 45 баллов, он переводится в 100-балльную систему.

## Часть 1

**1** На рисунке представлен график зависимости координаты  $x$  велосипедиста, движущегося вдоль оси  $OX$ , от времени  $t$ . Определите проекцию скорости  $V_x$  велосипедиста в течение промежутка времени от 4 с до 6 с. Ответ запишите с учётом знака проекции.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

**2** Две пружины прикреплены концами к стене. Эти пружины сжимают, прикладывая к их свободным концам направленные вдоль осей пружин одинаковые силы  $F$ . Жёсткость первой пружины в 1,2 раза меньше жёсткости второй пружины. В равновесном состоянии вторая пружина сжата на 1,5 см. На сколько сжата первая пружина при её равновесии?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

**3** Из неподвижной пушки массой 250 кг, стоящей на горизонтальной площадке, произведён выстрел. Снаряд массой 1,5 кг вылетел из ствола пушки горизонтально со скоростью 180 м/с относительно площадки. Каковую скорость относительно площадки приобрела пушка?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

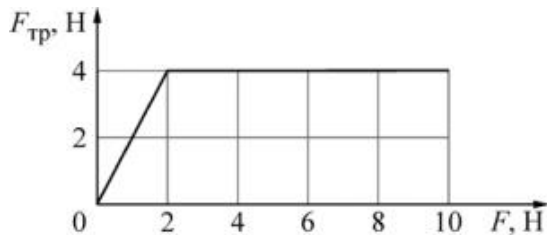
**4** Частота свободных гармонических колебаний первого математического маятника равна 0,8 Гц. Чему равна частота свободных гармонических колебаний второго математического маятника, у которого длина нити в 4 раза меньше, а масса груза в 4 раза больше, чем у первого?

Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

**5**

При изучении свойств силы сухого трения был получен график зависимости модуля силы трения  $F_{\text{тр}}$ , действующей на находящееся на горизонтальном столе тело массой 0,5 кг, от модуля горизонтальной силы  $F$ , приложенной к этому телу (см. рисунок).

Выберите *все* утверждения, которые верно отражают результаты этого опыта. В ответе запишите их номера.



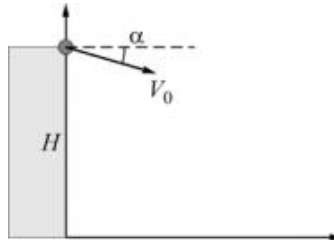
Модуль максимальной силы трения покоя, действующей на тело, равен 4 Н.

- 1) В течение первых двух секунд тело двигалось равномерно, а затем равноускоренно.
- 2) Если модуль силы  $F$ , действующей на тело, больше 4 Н, тело покоится.
- 3) Коэффициент трения тела о стол равен 0,8.
- 4) Когда модуль силы  $F$ , действующей на тело, равен 6 Н, тело движется с ускорением 8 м/с<sup>2</sup>.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**6**

Мячик брошен с высоты  $H$  над горизонтальной поверхностью с начальной скоростью  $V_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту так, как показано на рисунке (угол отсчитывается от горизонтали в направлении по часовой стрелке). Как изменятся время полёта и ускорение мячика в течение полёта, если увеличить угол  $\alpha$ , а остальные параметры оставить без изменения? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время полёта мячика	Ускорение мячика в течение полёта

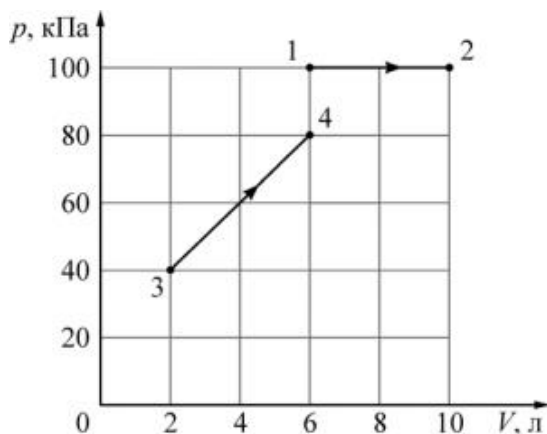
7

Неизменное количество идеального газа находится в сосуде под тяжёлым поршнем. Нагрузив поршень, давление газа увеличили в 2,5 раза при постоянной температуре. Чему равно отношение концентраций газа в конечном и начальном состоянии  $n_2/n_1$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

8

На рисунке показаны зависимости давления  $p$  гелия от его объёма  $V$  для двух процессов: 1–2 и 3–4. Чему равно отношение  $A_{34}/A_{12}$  работы гелия в процессе 3–4 к работе гелия в процессе 1–2?



Ответ: \_\_\_\_\_.

9

Объём сосуда, содержащего 1 моль водорода, увеличили вдвое и добавили в сосуд 1,5 моля гелия. Температуру в сосуде поддерживали постоянной. Выберите из предложенного перечня *все* утверждения, которые верно отражают результаты этого опыта. В ответе запишите их номера.

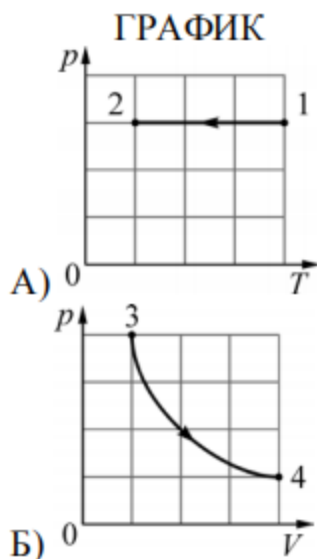
- 1) Концентрации водорода и гелия в сосуде в конце опыта одинаковы.
- 2) Внутренняя энергия водорода уменьшилась.
- 3) Плотность газа в сосуде увеличилась.
- 4) Давление в сосуде увеличилось.
- 5) Парциальное давление водорода уменьшилось.

Ответ: \_\_\_\_\_.

10

На рисунках приведены графики А) и Б) двух различных процессов: 1–2 и 3–4, происходящих с 1 молем гелия. Графики построены в координатах  $p$ – $T$  и  $p$ – $V$ , где  $p$  – давление,  $V$  – объём и  $T$  – абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**УТВЕРЖДЕНИЕ**

- 1) Над газом совершают работу, при этом его внутренняя энергия уменьшается.
- 2) Над газом совершают работу, при этом газ получает положительное количество теплоты.
- 3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает работу.
- 4) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.

Ответ: \_\_\_\_\_.

11

Модуль силы электростатического взаимодействия между двумя точечными заряженными телами был равен 8 мН. Расстояние между ними уменьшили в 3 раза, а заряд одного из тел уменьшили в 2 раза. Определите величину силы кулоновского взаимодействия тел в этом случае.

Ответ: \_\_\_\_\_ мН.

12

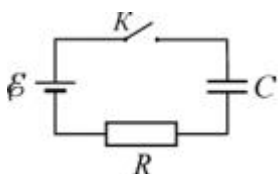
При поступательном движении прямолинейного проводника в постоянном однородном магнитном поле с индукцией  $B_1$  между концами проводника возникает разность потенциалов  $U$ . При движении этого проводника в той же плоскости и в том же направлении с такой же скоростью в однородном магнитном поле с индукцией  $B_2$  разность потенциалов между концами проводника уменьшилась в 2,5 раза. Чему равно отношение  $B_1/B_2$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**13** Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отражённым лучами равен  $45^\circ$ . Чему равен угол между отражённым лучом и зеркалом?

Ответ: \_\_\_\_\_ $^\circ$ .

**14** Незаряженный конденсатор подключён к батарее последовательно с резистором сопротивлением  $R = 40$  Ом (см. рисунок). В момент времени  $t = 0$  ключ  $K$  замыкают. Результаты измерений силы тока  $I$  в цепи в зависимости от времени  $t$  представлены в таблице.



$t, \text{с}$	0	1	2	3	4	5	6
$I, \text{мА}$	150	55	20	7,5	2,5	1	0,5

Внутренним сопротивлением батарейки, сопротивлением проводов и ключа можно пренебречь.

Выберите **все** верные утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте. В ответе запишите их номера.

- 1) Напряжение на резисторе в процессе наблюдения уменьшается.
- 2) Через 5 с после замыкания ключа напряжение на конденсаторе было меньше, чем через 2 с после замыкания ключа.
- 3) ЭДС источника тока равна 15 В.
- 4) Заряд конденсатора в процессе наблюдения увеличивался.
- 5) В момент времени  $t = 3$  с напряжение на конденсаторе равно 5,7 В.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**15**

По цилиндрической проволоке течёт электрический ток. Как изменятся при уменьшении длины проволоки в 9 раз и увеличении силы тока в 3 раза следующие величины: тепловая мощность, выделяющаяся в проволоке, и её электрическое сопротивление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Тепловая мощность, выделяющаяся в проволоке	Электрическое сопротивление проволоки

**16**

Ядро бора может захватить альфа-частицу, в результате чего происходит ядерная реакция  ${}^4_2\text{He} + {}^{11}_5\text{B} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^1_0\text{n}$  с образованием ядра химического элемента  ${}^A_Z\text{X}$ . Чему равно массовое число образовавшегося ядра?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**17**

При исследовании зависимости максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещали через светофильтры.

В первой серии опытов использовали светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй – только зелёный. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли запирающее напряжение. Как изменятся частота световой волны и модуль запирающего напряжения при переходе от первой серии опытов ко второй?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

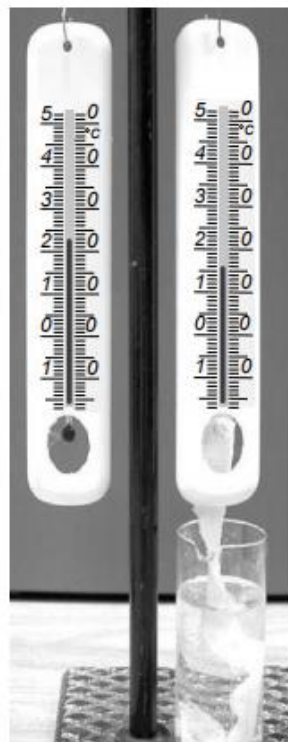
Частота волны света, падающего на фотоэлемент	Модуль запирающего напряжения

18 Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При свободном падении камня на землю его потенциальная энергия в поле тяжести Земли уменьшается.
- 2) Температура кипения жидкости зависит только от самой жидкости.
- 3) При увеличении напряжения на проволочном резисторе его сопротивление уменьшается.
- 4) При переходе электромагнитной волны из воздуха в стекло частота волны увеличивается.
- 5) Нейтральный атом алюминия  ${}_{13}^{27}\text{Al}$  содержит 13 электронов.

Ответ: \_\_\_\_\_.

19 Ученик измерял относительную влажность воздуха с помощью психрометра – этот прибор состоит из двух термометров, колбочка одного из которых обёрнута влажной тканью; см. фотографию. Абсолютная погрешность измерения температуры равна цене деления термометра. Запишите в ответ величину показаний «сухого» термометра с учётом погрешности измерений.



Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) °C.

## Часть 2

**20**

Необходимо экспериментально изучить свойства дифракционного спектрометра. В распоряжении экспериментатора имеются спектрометры, состоящие из источника света (светодиода), дифракционной решётки и экрана. Параметры этих приборов приведены в таблице. Какие два спектрометра нужно использовать для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость расстояния между первыми дифракционными максимумами от периода решётки?

№ спектрометра	Светодиод	Количество штрихов на мм в решётке	Расстояние от дифракционной решётки до экрана
1	Красный	50	2 м
2	Зелёный	100	3 м
3	Синий	50	2 м
4	Красный	200	2 м
5	Жёлтый	100	1,5 м

В ответе запишите номера выбранных спектрометров.

Ответ:

**21**

Электрическая цепь состоит из последовательно соединённых лампы  $L$ , резистора сопротивлением  $R = 10$  Ом и идеального амперметра, параллельно которому подключён идеальный вольтметр. Эта цепь питается от регулируемого источника напряжения, в состав которого входят батарея, ключ  $K$  и потенциометр (делитель напряжения)  $P$ . Лаборант замыкает ключ, после чего, передвигая ползунок реостата и проводя наблюдения, записывает в таблицу несколько показаний  $I$  амперметра. Показания вольтметра он записать забывает.

$I, A$	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
$U, B$					

Используя вольт-амперную характеристику лампы, изображённую на рисунке 2, помогите лаборанту восстановить показания  $U$  вольтметра и запишите их в таблицу. Решение объясните, опираясь на законы электродинамики.

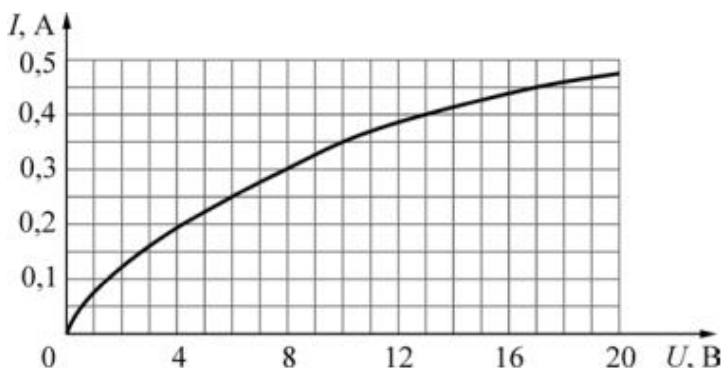
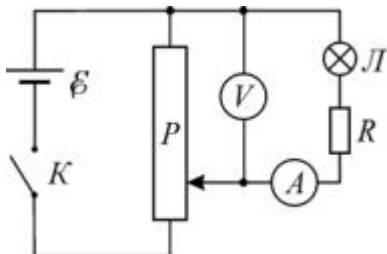


Рис. 1

Рис. 2

22

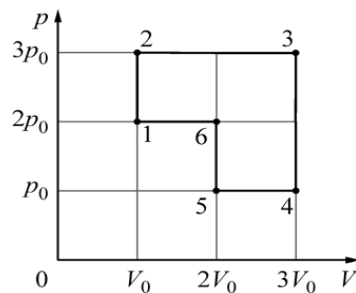
Небольшие одинаковые почти абсолютно упругие шарики покоятся на прямом горизонтальном гладком жёлобе на одинаковых расстояниях друг от друга. В некоторый момент первому слева шару толчком сообщают начальную скорость  $V_1$  в направлении остальных шариков, после чего происходят их последовательные столкновения. После  $n = 4$  их соударений оказалось, что пятый шарик приобрёл скорость  $V_5 = 0,9V_1$ . Сколько процентов кинетической энергии движущегося шарика терялось при каждом столкновении с покоящимся шариком?

23

В жёстком теплоизолированном сосуде находится  $\nu_1 = 1$  моль гелия со среднеквадратичной скоростью движения его атомов, равной  $V_1 = 1400$  м/с. В сосуд добавили  $\nu_2 = 0,8$  моля гелия с температурой  $T_2 = 350$  К. Какая температура  $T$  гелия установится в сосуде при достижении состояния термодинамического равновесия?

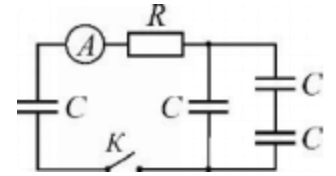
24

Идеальный одноатомный газ, количество которого равно  $\nu = 0,04$  моля, используется в качестве рабочего тела в тепловом двигателе. На  $pV$ -диаграмме ( $p$  – давление газа,  $V$  – его объём) показан процесс 1–2–3–4–5–6–1, совершаемый газом в течение одного цикла работы двигателя. В качестве топлива для данного двигателя используется каменный уголь с удельной теплотой сгорания  $29,3$  МДж/кг, причём рабочее тело получает  $\eta = 1/3$  количества теплоты, выделяющегося при сгорании. В течение  $N = 10^5$  циклов работы двигателя сгорает  $M = 4$  кг угля. Чему равна температура газа в состоянии 3?



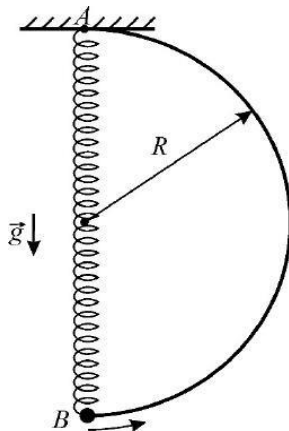
25

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, все конденсаторы имеют одинаковую ёмкость  $C = 1 \text{ мкФ}$ , а резистор имеет сопротивление  $R = 100 \text{ Ом}$ . Вначале левый конденсатор заряжен до некоторого напряжения  $U$ , а все остальные конденсаторы не заряжены. Идеальный амперметр в первый момент после замыкания ключа  $K$  показал силу тока  $I = 2 \text{ А}$ . Какое количество теплоты выделится в данной цепи ко времени, когда показания амперметра уменьшатся до нуля?



26

Из жёсткой тонкой гладкой проволоки согнут каркас в виде половины окружности радиусом  $R$  и закреплён так, чтобы диаметр каркаса располагался вертикально (см. рисунок). В верхней точке  $A$  диаметра к каркасу прикреплён конец лёгкой пружины, длина которой в нерастянутом состоянии равна  $R$ . Ко второму концу пружины прикреплена маленькая бусинка  $B$  с просверлённым в ней отверстием. Если бусинка висит на пружине, находясь в состоянии равновесия, то удлинение пружины оказывается равным  $R/3$ .



Бусинку надевают на каркас так, что она постоит в нижней точке его диаметра. Затем, после очень малого начального воздействия, бусинка начинает скользить по каркасу. В тот момент, когда ось пружины составляет с вертикалью угол  $\alpha = \arccos(5/6)$ , модуль скорости бусинки равен  $V = 2 \text{ м/с}$ .

Найдите радиус  $R$  каркаса. **Обоснуйте применимость законов, использованных для решения задачи.**

## Ответы и критерии оценивания

Номер задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ответ	-2,5	1,8	1,08	1,6	14	23	2,5	0,6	345	13	36	2,5	67,5	145	32	14	22	15	(23 ± 1)	14

### Часть 2

Критерии оценивания задания 21

Возможное решение					
1) Пусть $I$ – сила тока в амперметре, $U_{л}$ – напряжение на лампе, $U$ – показания вольтметра. В соответствии с законом Ома для участка цепи, напряжение на резисторе с сопротивлением $R$ равно $U_R = IR$ .					
2) Вольтметр показывает сумму падений напряжения на последовательно соединённых лампе $L$ , резисторе и идеальном амперметре: $U = U_{л} + IR$ . Здесь учтено, что сопротивление идеального амперметра равно нулю. При этом через резистор и через лампу течёт один и тот же ток силой $I$ .					
3) Показания вольтметра можно восстановить следующим образом. Пусть амперметр показывает силу тока $I_1 = 0,25$ А. Тогда напряжение на резисторе равно $U_{R1} = I_1 R = 0,25 \cdot 10 = 2,5$ В. Напряжение на лампе при данном значении силы тока определим с помощью графика – оно равно $U_{л1} = 6$ В. Следовательно, вольтметр показывает напряжение $U_1 = U_{л1} + I_1 R = 6$ В + 2,5 В = 8,5 В.					
4) Рассматривая аналогично остальные четыре значения силы тока, которые показывает амперметр, вычислим показания вольтметра и заполним таблицу.					
$I, \text{ А}$	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
$U, \text{ В}$	8,5	11,0	13,5	17,0	21,5

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>приведена правильно заполненная таблица, п. 4</i> ) и полное верное объяснение (в данном случае: <i>п. 1, 2, 3</i> ) с указанием наблюдаемых явлений и законов в данном случае: <i>закон Ома для участка цепи, вычисление суммарного падения напряжения при последовательном соединении элементов, одинаковость силы тока через элементы при их последовательном соединении, учёт идеальности амперметра</i> )	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)	2

<p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	
<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

### Критерии оценивания задания 22

<b>Возможное решение</b>
<p>1. Поскольку все столкновения шариков происходят в одинаковых условиях, можно считать, что и коэффициент <math>x</math>, связывающий скорости шариков после и до удара, одинаков для всех столкновений. Поэтому</p> $V_2 = x V_1, V_3 = x V_2 = x^2 V_1, \text{ и т.д., } \dots, V_5 = x V_4 = x^4 V_1 = 0,9 V_1.$ <p style="text-align: center;">Отсюда <math>x^4 = 0,9</math>, и <math>x = 0,9^{1/4} \approx 0,974</math>.</p> <p>2. При столкновениях не абсолютно упругих тел часть их кинетической энергии теряется, превращаясь в теплоту.</p> <p>3. Кинетическая энергия <math>E_k</math> шарика массой <math>M</math> равна <math>MV^2/2</math>. Поэтому <math>E_{k5} = x^2 E_{k4}</math>, и процент передачи кинетической энергии от шарика к шарiku при каждом столкновении равен <math>x^2</math>, а процент потерь кинетической энергии равен</p> $1 - x^2 = 1 - 0,9^{2/4} \approx 1 - 0,974^2 \approx 0,051 \approx 5,1 \text{ \%}.$ <p style="text-align: center;">Ответ: <math>\Delta E_k/E_k \approx 0,051 \approx 5,1 \text{ \%}</math></p>

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон изменения механической энергии, связь кинетической энергии с массой и скоростью тела и математические соотношения</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

Критерии оценивания задания 23

Возможное решение
<p>Порции гелия, помещённые в жёсткий теплоизолированный сосуд, не совершают работу и не обмениваются количеством теплоты с окружающей средой, поэтому из первого закона термодинамики следует, что их суммарная внутренняя энергия сохраняется: <math>U = U_1 + U_2</math>.</p> <p>Выражения для внутренней энергии двух порций одноатомного идеального газа имеют вид: <math>U_1 = (3/2) \nu_1 RT_1</math>, <math>U_2 = (3/2) \nu_2 RT_2</math>.</p> <p>Для дальнейших расчётов необходимо найти температуру <math>T_1</math>, связанную со среднеквадратичной скоростью <math>V_1</math> движения атомов гелия: <math>\mu V_1^2/2 = (3/2) RT_1</math>, откуда <math>T_1 = \mu V_1^2/(3R) = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 1400^2/(3 \cdot 8,31) \approx 314,5</math> К.</p> <p>Газы в сосуде после перемешивания и установления равновесия приобретут искомую</p>

температуру  $T$ , так что  $U = U_1 + U_2 = (3/2)(v_1 + v_2)RT$  и  
 $T = (v_1T_1 + v_2T_2)/(v_1 + v_2) = (1 \cdot 314,5 + 0,8 \cdot 350)/(1 + 0,8) \approx 330,3 \text{ К}$ .  
 Ответ:  $T \approx 330,3 \text{ К}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:                      записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение</u> которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>первый закон термодинамики, выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа, связь температуры одноатомного идеального газа со среднеквадратичной скоростью движения его атомов</i>);                      описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);                      представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);                      представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.                      Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	2

Критерии оценивания задания 24

<b>Возможное решение</b>	
<p>Газ получает количество теплоты <math>\Delta Q^+</math> на участках 1–2, 2–3 и 5–6 цикла. Для нахождения этого количества теплоты воспользуемся выражением для внутренней энергии одноатомного идеального газа <math>U = (3/2)pV</math> и тем фактом, что работа газа в некотором процессе численно равна площади под участком графика, изображающего данный процесс на <math>pV</math>-диаграмме.</p> <p>Пусть <math>\Delta U_{nm}</math> – изменение внутренней энергии при переходе газа из состояния «<math>n</math>» в состояние «<math>m</math>», а <math>\Delta A_{nm}</math> – работа, совершаемая газом при переходе из состояния «<math>n</math>» в состояние «<math>m</math>». В соответствии с первым законом термодинамики:</p> $\Delta Q^+ = \Delta U_{13} + \Delta A_{23} + \Delta U_{56} =$ $= (3/2)(3p_0 \cdot 3V_0 - 2p_0 \cdot V_0) + 3p_0 \cdot 2V_0 + (3/2)(2p_0 \cdot 2V_0 - p_0 \cdot 2V_0) = (39/2)p_0 V_0.$ <p>Согласно условию задачи, <math>\Delta Q^+ = (39/2)p_0 V_0 = \eta qm</math>, где <math>m</math> – масса угля, сгорающего за один цикл работы двигателя.</p> <p>Применим для состояния «3» уравнение Менделеева – Клапейрона:</p> $3p_0 \cdot 3V_0 = \nu RT_3.$ <p>Выражая из последнего уравнения произведение <math>p_0 V_0</math>, получаем: <math>(39/18)\nu RT_3 = \eta qm</math>. Масса <math>M</math> угля, сгорающего за <math>N</math> циклов работы двигателя, равна <math>M = Nm</math>. Отсюда</p> $T_3 = 6\eta qM / 13\nu RN \approx 542, 5 \text{ К.}$ <p>Ответ: <math>T_3 = 6\eta qM / 13\nu RN \approx 542, 5 \text{ К.}</math></p>	
<b>Критерии оценивания выполнения задания</b>	<b>Баллы</b>
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:  записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>первый закон термодинамики, выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа, выражение работы через площадь под участком графика на <math>pV</math>-диаграмме, уравнение Менделеева – Клапейрона, связь количества выделившейся при сгорании теплоты с массой сгоревшего топлива</i>);  описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);  представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);  представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.  Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p>	2

И (ИЛИ)	
Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.	1
ИЛИ	
В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	
ИЛИ	
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

#### Критерии оценивания задания 25

<b>Возможное решение</b>	
<p>1. В начальном состоянии напряжение <math>U</math> на левом конденсаторе связано с зарядом <math>q</math> этого конденсатора: <math>U = q/C</math>, а напряжение и заряд на правой части цепи отсутствуют. После замыкания ключа <math>K</math> через амперметр, резистор и конденсаторы потечёт ток. В соответствии с законом Ома для замкнутой цепи сила этого тока в первый момент после замыкания ключа равна <math>I = U/R</math>, откуда <math>U = IR</math>. Поэтому энергия заряженного конденсатора равна <math>W_C = CU^2/2 = C^2R^2/2</math>.</p> <p>2. При перезарядке конденсаторов часть заряда левого конденсатора перейдёт на правые конденсаторы общей ёмкостью <math>C_{\text{пр}}</math>, которую можно определить по правилам для последовательного и параллельного соединения конденсаторов: <math>C_{\text{пр}} = C + C/2 = 3C/2</math>.</p> <p>3. Ток в цепи прекратится, когда напряжения <math>U_k</math> на конденсаторах слева и справа станут одинаковыми и заряд <math>q = CU</math> будет находиться на системе конденсаторов общей ёмкостью <math>C_{\text{общ}} = C + C_{\text{пр}} = C + 3C/2 = 5C/2</math>.</p> <p>4. Конечное напряжение будет равно <math>U_k = q/(C_{\text{общ}}) = 2U/5</math>. Конечная электрическая энергия в цепи будет при этом равна <math>W_k = (5C/2)U^2/2 = CU^2/5 = C^2R^2/5</math>.</p> <p>5. Количество теплоты <math>\Delta Q</math>, выделившейся в цепи, по закону сохранения энергии равно <math>\Delta Q = W_C - W_k = 3C^2R^2/10 = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 2^2 \cdot 100^2/10 = 12 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 12 \text{ мДж}</math>.</p> <p>Ответ: <math>\Delta Q = 3C^2R^2/10 = 12 \text{ мДж}</math></p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>связь заряда и напряжения на конденсаторе, закон Ома для замкнутой цепи, расчёт ёмкости при параллельном и последовательном соединении конденсаторов, энергия заряженного конденсатора, закон сохранения энергии</u> ); описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических	3

<p>величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>проведены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

#### Критерии оценивания задания 26

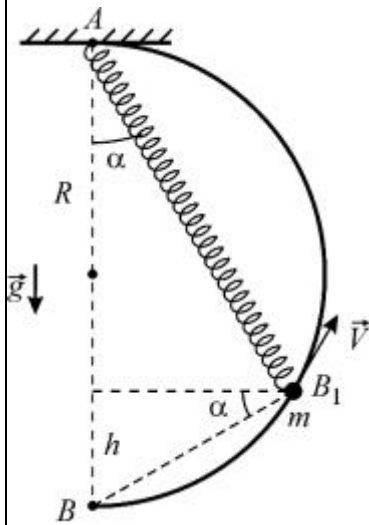
<b>Возможное решение</b>
<p><b>Обоснование.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выберем систему отсчёта, связанную с закреплённым каркасом, и будем считать её инерциальной (ИСО). Относительно этой ИСО справедлив второй закон Ньютона и можно применять законы сохранения.</li> <li>2. Для бусинки используем модель материальной точки.</li> <li>3. Так как проволока жёсткая, будем считать каркас абсолютно твёрдым телом и</li> </ol>

пренебрежём его деформациями.

4. Будем считать, что удлинение пружины подчиняется закону Гука. Поскольку пружина лёгкая, до подвешивания бусинки её можно считать нерастянутой и при решении задачи можно пренебрегать её массой.
5. Проволока гладкая, поэтому в системе отсутствуют внутренние диссипативные силы. Все остальные силы либо консервативные, либо не совершают работы. Следовательно, можно применять закон сохранения механической энергии.
6. Поскольку начальное воздействие на бусинку очень малое, её начальную кинетическую энергию также можно считать пренебрежимо малой.

**Решение.**

1. Согласно условию задачи, при подвешивании бусинки массой  $m$  к пружине жёсткостью  $k$  она в положении равновесия растягивается на величину  $\Delta l = R/3$ . В соответствии со вторым законом Ньютона, с учётом закона Гука:  $mg = k\Delta l = kR/3$ .



2. Рассмотрим состояние системы, в котором ось пружины составляет с вертикалью угол  $\alpha$  (см. рисунок). Угол  $AB_1B$  прямой, поэтому в данный момент длина пружины равна  $l = 2R \cos \alpha$ , а высота бусинки над точкой  $B$  составляет  $h = 2R \sin^2 \alpha$ . Обозначим скорость бусинки в рассматриваемый момент через  $V$  и учтём, что в исходном состоянии удлинение пружины было равно  $R$ . Тогда, согласно закону сохранения механической энергии для данной системы:

$$\frac{kR^2}{2} = \frac{k(l-R)^2}{2} + mgh + \frac{mV^2}{2}.$$

3. Преобразуем это уравнение с учётом ранее записанных соотношений:

$$\frac{kR^2}{2} = \frac{k(2R \cos \alpha - R)^2}{2} + 2mgR \sin^2 \alpha + \frac{mV^2}{2},$$

$$kR^2 = kR^2(2 \cos \alpha - 1)^2 + 4mgR \sin^2 \alpha + mV^2,$$

$$3mgR = 3mgR(2 \cos \alpha - 1)^2 + 4mgR \sin^2 \alpha + mV^2,$$

$$V^2 = 3gR - 3gR(2 \cos \alpha - 1)^2 - 4gR \sin^2 \alpha = 12gR(\cos \alpha - \cos^2 \alpha) - 4gR(1 - \cos^2 \alpha) =$$

$$= 4gR(3 \cos \alpha - 2 \cos^2 \alpha - 1).$$

4. Учитывая, что  $\cos \alpha = 5/6$ , получаем:

$$V^2 = 4gR \left( 3 \cdot \frac{5}{6} - 2 \cdot \frac{25}{36} - 1 \right) = \frac{4gR}{9}.$$

5. Подставляя численное значение  $V$ , находим:

$$R = \frac{9V^2}{4g} = \frac{9 \cdot 2^2}{4 \cdot 10} = 0,9 \text{ м.}$$

Ответ:  $R = \frac{9V^2}{4g} = \frac{9 \cdot 2^2}{4 \cdot 10} = 0,9 \text{ м.}$

Критерии оценивания выполнения задания		Баллы
<b>Критерий 1</b>		
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>выбор ИСО, выбор модели материальной точки, выбор модели абсолютно твёрдого тела для каркаса, использование модели невесомой пружины, подчиняющейся закону Гука, использование условий применимости закона сохранения механической энергии</i>		1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует		0
<b>Критерий 2</b>		
Г) Приведено полное решение, включающее следующие элементы: записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, закон Гука, выражения для потенциальной энергии пружины, потенциальной энергии тела в однородном поле силы тяжести, кинетической энергии материальной точки, закон сохранения механической энергии</i> );		3

<p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	4